Über eine besondere Faserstruktur der Media des Sinus Valsalvae und ihre Beziehung zum Ursprung der Coronararterien.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen medizinischen Fakultät
der
Ruprecht-Karl-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Matthias Riedel
aus
Hockenheim

Lane Medical Library

1939.

Buchdruckerei Richard Mayr, Würzburg.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Heidelberg.

Dekan: Prof. Dr. Rodenwaldt

Referent: Doz. Dr. Mollier

Über eine besondere Faserstruktur der Media des Sinus Valsalvae und ihre Beziehung zum Ursprung der Coronararterien.

Bei einer Arbeit über den funktionellen Aufbau des Blutgefäßsystems des Herzens schien es uns von Wichtigkeit, auch den Ursprung der Kranzarterien — die Sinus Valsalvae — einer genauen Untersuchung zu unterziehen.

Die Ergebnisse der Arbeit über die Blutgefäße des Herzens sollen später veröffentlicht werden.

Der histologische Aufbau des Bulbus aortae bzw. der Sinus Valsalvae ist von mehreren Autoren beschrieben worden. Über den strukturellen Aufbau dieses Gebietes ist, soviel ich aus der mir zugänglichen Literatur entnehmen konnte, bisher noch nichts veröffentlicht worden.

Um einen Einblick in den tektonischen Aufbau der Sinus Valsalvae und des Ursprungs der Coronararterien zu erhalten, wurden 6 Aortenbulbi unter der Lupe präpariert. Als Material verwandten wir nicht sklerosierte Präparate aus dem Leichenkeller. Der Anfangsteil der Aorta wurde in der Gegend des Annulus fibrosus aus dem Herzen herauspräpariert und zur Maceration einige Tage in ⅓ Alkohol gelegt. Um das Gewebe wieder etwas zu härten, legten wir sodann die Stücke noch einige Zeit in 90% Alkohol. Zur Lupenpräparation schnitten wir die Sinus Valsalvae am unteren Pole der Coronarostien auf und spannten sie mit Nadeln flach auf schwarze Wachsplatten, die in der Mitte eine Höhlung hatten, in die der Anfangsteil der Coronararterien versenkt werden konnte. Auf diese Weise war es möglich, die Sinus Valsalvae fast vollkommen plan aufzuspannen. Diese Methode erwies sich für die Präparation wegen des Wegfalls der lästigen Lupeneinstellung und wegen der besseren

Beleuchtungsmöglichkeit als viel günstiger als die Präparation des Sinus Valsalvae in toto in seiner natürlichen Form. Kontrollversuche, die wir so ausführten, daß wir die Sinus Valsalvae mit der Außenfläche in Plastelin eindrückten und sie so in ihrer natürlichen Form präparierten, ergaben, daß durch das Aufschneiden die Präparationsergebnisse in keiner Weise verändert wurden.

Die Präparation wurde folgendermaßen ausgeführt: Sämtliche Stücke wurden von der Intima aus präpariert. Nach Ablösung der Intima, was durch die Maceration durchweg sehr leicht ging, wurde der ganze Sinus Valsalvae nach der Spaltmethode von Benninghoff mit einer feinen runden Nadel gestichelt. Sodann wurde von diesen Spaltöffnungen aus mit feinen Nadeln und Uhrmacherpinzetten weiterpräpariert. Bei der Betrachtung der Spalten mit starker Vergrößerung konnte man, wenn man die Sinus nach allen Seiten etwas stärker spannte, beobachten, daß die Spaltlinien bei den Sinus, aus denen die Coronararterien entsprangen, nicht durch die ganze Dicke der Wand in einer Richtung verliefen, sondern daß sich die Richtung der Spalten in den äußeren Mediaschichten änderte. Die Media mußte also von zwei in ihrer Hauptverlaufsrichtung verschiedenen Fasermassen aufgebaut sein. Wir bemühten uns nun, die beiden Schichten für sich allein präparatorisch darzustellen. Unter der Lupe hoben wir — von den Spaltöffnungen aus präparierend — mit feinen Nadeln einzelne Faserbündel von den darunterliegenden und rissen sie mit der Pinzette in der Richtung der Spaltlinien ab. Auf diese Weise gelang es, den Verlauf der Faserzüge so deutlich darzustellen, daß er schon mit bloßem Auge sichtbar wurde.

Zum besseren Verständnis und zur schnelleren Orientierung möchten wir die innere Schicht als I. oder accessorische Schicht, die äußere Schicht als äußere oder II. Schicht benennen. Als accessorische Schicht möchten wir die innerste Schicht der Media der beiden vorderen Sinus Valsalvae deshalb benennen, weil sie nur bei diesen zu beobachten ist. Im hinteren Sinus Valsalvae ist diese Faserstruktur nicht zu finden. Dieses isolierte Vorkommen der von uns als accessorische Schicht bezeichneten Faserzüge in den Sinus, aus denen die Kranzarterien entspringen, deutet auf einen engen funktionellen Zusammenhang dieser Schicht mit dem Abgang der Coronararterien hin.

Der Aufbau der accessorischen Schicht stellt sich folgendermaßen dar: Von der obersten Spitze der Klappenanheftungsstellen strahlen fächerförmig von beiden Seiten Faserzüge gegen die Coronarostien aus. Über dem oberen Pole der Ostien überkreuzen sich diese Züge nach unten umbiegend und umgreifen, indem sie an Masse zunehmen, ringförmig die Ostien. So bildet sich um die Abgangsstellen der Coronararterie ein dicker Gewebsring. Welche geweblichen Elemente bei dem Aufbau dieser Strukturen in der

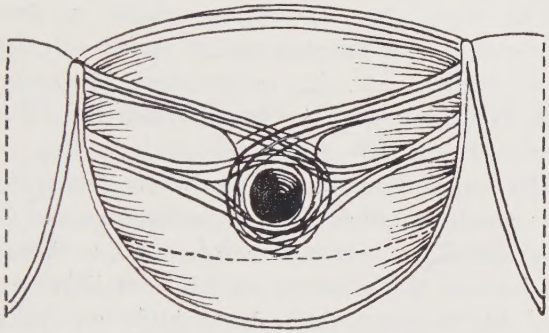

Abbildung I

Hauptmasse beteiligt sind, konnte bei der Mikropräparation nicht entschieden werden. Nach dem Aussehen dieses Gewebes konnte man jedoch annehmen, daß es sich aus den selben Elmenten zusammensetzte, die sonst die Media der Aorta aufbauen. Bei der zur Klärung dieser Frage vorgenommenen histologischen Untersuchungen erwies sich diese Annahme als richtig. Elastische Lamellen und glatte Muskulatur bilden die Hauptbestandteile dieser Schicht. Die glatte Muskulatur scheint quantitativ zu überwiegen. Rechts und links in Höhe der Ostienmitte spaltet sich von dem die Ostien umschließenden Gewebsring ein Faserzug ab, der in einem nach oben konkaven Bogen ebenfalls zum obersten Pole der Klappenansatzstelle verläuft. Es ergibt sich das in Abbildung I wiedergegebene Bild.

Diese Anordnung der beschriebenen Schicht konnte im wesentlichen bei allen sechs Aortenbulbi beobachtet werden. In der Deutlichkeit wie bei dem beschriebenen Beispiel jedoch nur an solchen

Sinus, bei denen die Coronaröffnung in der Mitte der Sinuswölbung lag. Bei den Präparaten, bei denen das Ostium nicht konzentrisch, sondern nach oben oder nach der Seite verschoben lag, war diese Anordnung nicht in dieser Klarheit zu beobachten. Lag die Coronaröffnung in den oberen Partien des Sinus, so konnte man die Überkreuzung der Fasern am oberen Pole des Ostiums nicht mit Sicherheit feststellen. Es sah dann aus, als ob die oberen Faserzüge ohne Überkreuzung kontinuierlich von einer Spitze der Klappenanhaftungsstelle zur anderen zögen. Rückt das Ostium nach einer Seite des Sinus, dann kommt es lediglich zu einer Verschiebung der Faserzüge. Der Bauplan an sich ändert sich dagegen nicht.

Anfänglich glaubten wir, der verschiedene Ursprung der Coronarostien sei von dem Alter des betreffenden Individuums abhängig. Wir nahmen an, daß mit zunehmendem Alter, mit der Erschlaffung der muskulösen und elastischen Elemente die Sinus immer mehr erweitert und die Coronarostien immer mehr nach dem oberen Pole des Sinus verzogen würden. Diese Annahme erwies sich jedoch bei der Nachprüfung an frischem Sektionsmaterial als unzutreffend. Bei 50 untersuchten Aortenbulbi von Individuen jeden Lebensalters entsprang die Coronararterie 43mal in Höhe des freien Randes der Semilunarklappen oder höher, und nur 7mal ein wenig tiefer. Der Ursprung der Coronararterien ist demnach schon bei der Geburt festgelegt. Ebensowenig wie das Alter scheint eine Ektasie des Sinus auf den Ursprung der Coronarien einen Einfluß zu haben. Bei dem Sektionsmaterial fanden sich sowohl ektatische Sinus mit ziemlich tiefliegendem Ursprung der Arterien, als auch ektatische Sinus, bei denen die Coronarostien extrem hochgelegen waren.

Die äußere Schicht der Media des Sinus Valsalvae ist im wesentlichen wie die Media der übrigen Aorta gebaut. Interessant ist hier die Bildung der Coronarlücke. Präpariert man diese Schicht nach der oben angegebenen Methode, so verlaufen die Spalt- und Rißlinien von einem Punkte, der etwas unterhalb der Spitze des Trigonum intervalsalvulare liegt, bogenförmig zu dem gegenüberliegenden entsprechenden Punkte. An der Coronarlücke kommt es jedoch nicht zu einem einfachen Auseinanderweichen der Faserzüge. Kurz lateral von der Coronarmündung überkreuzen sich die Fasern und umschlingen bogenförmig die Ostien. Durch diese Anordnung wird

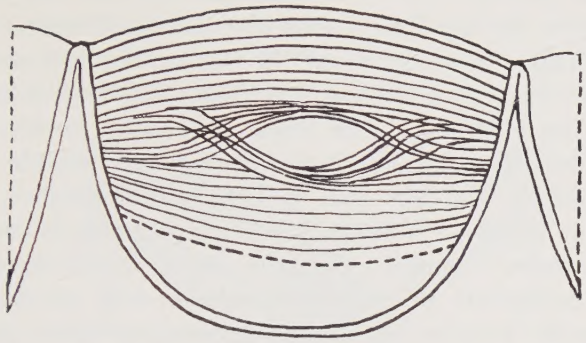

Abb. II zeigt die schematische Wiedergabe dieser Schicht.

eine Konstruktion von außerordentlicher Festigkeit gebildet. Ein Einreißen der Sinus in querer Richtung auch bei stärkster Steigerung des intraarteriellen Druckes wird dadurch unmöglich. Auch bei der Präparation gelingt es nur unter Anwendung eines sehr starken Zuges, die Fasermassen an dieser Stelle zu sprengen.

Um die gewebliche Zusammensetzung dieser Strukturen festzustellen und in der Hoffnung auch im histologischen Schnitte die oben beschriebene Faseranordnung wieder zu finden, legten wir Serienschnitte durch 3 Richtungen des Sinus an; und zwar in sagittaler und horizontaler Richtung sowie Flachschnitte. Zur Untersuchung verwandten wir frisches Sektionsmaterial, das wir in Methylbenzoat-Paraffin einbetteten und in einer Dicke von 10—15 μ in Serien schnitten. Gefärbt wurden die Schnitte nach dem von Volkmann angegebenen Färbeverfahren. Dabei ergab sich, daß die Media der Sinus Valsalvae mit Ausnahme der unteren Partien im wesentlichen aus denselben Gewebselementen zusammengesetzt ist wie die Media der übrigen Aorta. Muskulöse und elastische Elemente bilden die Hauptbestandteile. Kollagenes Bindegewebe ist nur in geringer Menge an dem Aufbau beteiligt. Die glatte Muskulatur scheint an Masse die elastischen Elemente zu übertreffen. Die unteren Partien der Sinus sind zum Teil im Gebiet des arteriellen Faserrings gelegen und bestehen zur Hauptsache aus kollagenem Bindegewebe.

Bei den Sagittal- und Horizontalschnitten war von vornherein anzunehmen, daß aus ihnen nichts über die strukturelle Anordnung der Fasermassen zu ersehen war. Sie wurden angelegt, um über die gewebliche Zusammensetzung der Sinus Valsalvae Aufschluß zu erhalten. Die Hoffnung, durch Flachschnitte auch im histologischen Bilde die bei der Mikropräparation gefundenen Befunde zeigen zu können, erfüllte sich nur zum Teil. Es war unmöglich, auch nur einen Sinus Valsalvae in seiner ganzen Ausdehnung in einem Flachschnitt zu treffen. Sämtliche Versuche, die einzelnen Präparate vollkommen horizontal aufzuspannen schlugen fehl, da sich die Präparate bei der Fixation und bei der Einbettung immer wieder verzogen. Im besten Falle bekamen wir flache Tangentialschnitte. Bei diesen Schnitten war es naturgemäß nicht möglich, die einzelnen Faserzüge in ihrem ganzen Verlauf zu verfolgen. Auch der Versuch einer Rekonstruktion aus den Serienschnitten brachte nicht das erwartete Ergebnis, weil eine genaue Rekonstruktion wegen der Kleinheit und innigen Verflechtung der einzelnen Gewebselemente und wegen des Fehlens eines genauen Orientierungspunktes unmöglich war. Das einzige, was sich im histologischen Bilde zeigen ließ, war die Ringstruktur um die Coronarostien.

Die Nachteile der oben beschriebenen Methode der Mikropräparation waren uns von vornherein klar. Ein lückenloses Bild der tatsächlichen Verhältnisse kann durch sie allein ebensowenig erhalten werden, wie durch die rein histologische Erforschung. Das histologische Präparat gibt uns zumeist nur Aufschluß über die elementare Zusammensetzung eines Objektes; über den Faserverlauf des Gewebes gibt es jedoch nur ungenügend Auskunft. Der Vorteil der Spaltmethode ist, daß man bei ihr einen größeren Gewebsbezirk überblicken kann und die Objekte in ihrer natürlichen Form erhalten und präpariert werden können.

Ohne Zweifel steht die oben beschriebene Struktur der innersten Mediaschicht der Sinus Valsalvae in enger Beziehung zum Abgang der Coronararterien; denn sie ist nur in den Sinus zu beobachten, aus denen eine Coronaria entspringt. Im hinteren Sinus Valsalvae ist diese Faseranordnung nicht zu finden.

Versuchen wir uns ein Bild über die Funktion dieser Struktur zu machen: Bestände diese Faserstruktur nur aus muskulösen Elemen-

ten, so müßte es bei der Kontraktion des die Ostien umgebenden Gewebsringes zu einer Drosselung des Blutstroms der Kranzarterien kommmen. Eine Erschlaffung dieses Ringes würde eine Vermehrung des Einflußvolumens zur Folge haben. Die funktionelle

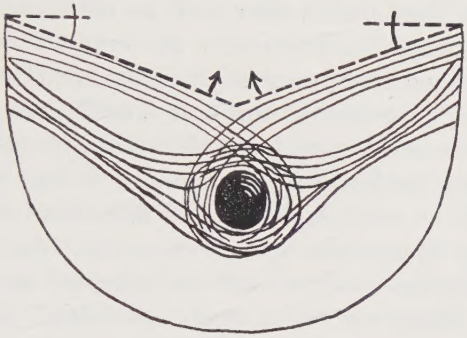

Abbildung III

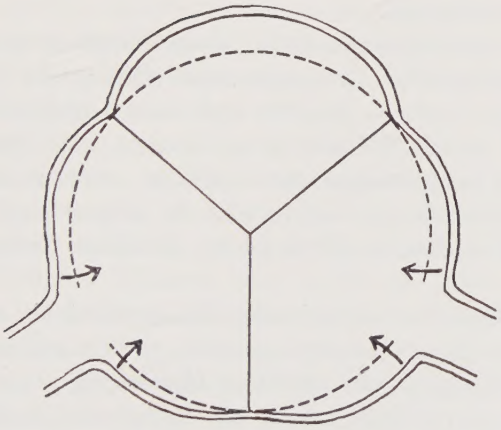

Abbildung IV

Bedeutung der seitlichen Verbindungszüge könnte man grob mechanisch folgendermaßen erklären: Die oberen seitlichen Verbindungszüge ziehen einesteils in einem kleinen Winkel von der Horizontalen divergierend nach oben zu der Spitze der Klappenansatzstelle; anderenteils aber ziehen diese Fasern auch nach innen. Die beiden schematischen Zeichnungen 3 u. 4 mögen dies deutlicher machen.

Bei den unteren seitlichen Verbindungszügen käme im wesentlichen nur die Richtung nach innen in Betracht. Kontrahierte sich dieses System, dann käme es durch die Verkürzung der oberen Züge einmal zu einer Verschiebung der Coronarostien nach oben — also aortenwärts — zum andern aber auch zu einer nach innen gerichteten Verschiebung. Die Kontraktur der unteren Faserzüge würde diese Verschiebung nach innen noch verstärken. Der Gesamteffekt wäre also eine Verengerung und eine Verschiebung der Coronarostien nach oben und innen. Diese Verschiebung müßte natürlich zu einer Änderung der Strömungsverhältnisse in den Sinus Valsalvae und somit auch zu einer Änderung des Blutstroms in den Coronararterien führen. Eine solche Betrachtungsweise wäre jedoch mangelhaft und würde den vorhandenen Verhältnissen nur zum Teil gerecht werden. Schon aus dem Grunde, weil dabei die Funktion der elastischen Elemente in keiner Weise berücksichtigt würde, den elastischen Elementen aber bei dieser Konstruktion ein bedeutender Anteil zukommt.

Das elastische Gewebe ist im wesentlichen ein passives Gewebe. Seine Aufgabe ist es, Deformierungen ohne große Veränderung des strukturellen Aufbaus möglich und nach Aufhören der einwirkenden Kraft wieder rückgängig zu machen. Das elastische Gewebe kann seine Funktion nur dann erfüllen, wenn es in Beziehung zu irgendwelchen aktiven Kräften tritt. Im Körper wird man daher das elastische Gewebe überall da finden, wo diese Verhältnisse gegeben sind.

Der Aufbau der oben beschriebenen Struktur stimmt in seiner geweblichen Zusammensetzung und in der Anordnung der einzelnen Elemente weitgehendst mit dem überein, den wir sonst bei der Media der Aorta finden. Auch hier finden wir elastische Häute und dazwischen gelagert glatte Muskulatur. Wie die elastischen Häute mit der glatten Muskulatur verbunden sind, konnte nicht genau entschieden werden, ebensowenig die Zusammenarbeit dieser beiden Gewebselemente. Man könnte sich vorstellen, daß die Kontraktion der glatten Muskulatur eine Verschiebung der elastischen Lamellen und somit eine, wenn auch geringfügige Änderung des Aufbaus, sei es im Sinne einer Verlängerung oder Verkürzung dieser Faserzüge, im Gefolge habe. Es ist aber auch möglich, daß die

zwischen die elastischen Lamellen eingelagerte Muskulatur in der Hauptsache den Spannungszustand der elastischen Elemente reguliert. Aber auch im letzteren Falle müßte es zu einer Verformung der Konstruktion kommen. Eine Spannungszunahme der elastischen Elemente ist nur möglich durch ihre Dehnung. Eine Dehnung kommt aber einer Verlängerung gleich. Ohne grobe Veränderung der Form der Konstruktion wäre eine Dehnung der elastischen Lamellen nur dann möglich, wenn elastische und muskulöse Elemente so hintereinander gelagert wären, daß bei der Kontraktion der Muskulatur die elastischen Lamellen um das selbe Maß gedehnt würden, um das sich die glatte Muskulatur kontrahiert. Aber auch bei einer solchen Anordnung wäre dies nur unter der Voraussetzung möglich, daß die elastischen Elemente in irgend einem Punkte fest verankert wären, oder daß irgendwelche von außen wirksamen Kräfte eine Verschiebung der Fasern unmöglich machten. Ohne das Bestehen dieser Voraussetzungen würde sich eine Kontraktion der muskulösen Elemente nur in einer Formveränderung des ganzen Systems auswirken. Zu einer Spannung der elastischen Elemente käme es dabei nicht, weil sie zu leicht dem auf sie ausgeübten Zuge durch räumliche Verschiebung ausweichen könnten.

Eine allen Verhältnissen gerecht werdende Erklärung der Funktion der Mediastrukturen um die Coronarostien kann man heute noch nicht geben. Um dies zu können, müßte man eine genaue Kenntnis der in vivo vorhandenen Strömungs- und Druckverhältnisse des Sinus Valsalvae besitzen, man müßte das genaue Zusammenarbeiten der muskulösen mit den elastischen Elementen kennen und man müßte wissen, welche Kräfte von außen auf das System einwirken. Aus dem isolierten Vorkommen und der besonderen strukturellen Anordnung der accessorischen Schicht kann man jedoch annehmen, daß sie in enger funktioneller Beziehung zum Ursprung der Kranzarterien steht und wahrscheinlich einen zusätzlichen Regulationsmechanismus für die Durchblutungsgröße der Kranzarterien darstellt.

Literaturangabe.

A. Benninghoff: Blutgefäße und Herz. Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. 6. Tl. I. Berlin. Julius Springer 1930.

A. Böger und K. Wezler: Zur Wirkung der Muskulatur auf die Elastizität der lebenden Arterienwand. Klinische Wochenschrift 15. Jahrg., Nr. 16 und 17.

J. Tandler: Anatomie des Herzens. Jena. Gustav Fischer 1913.

Lebenslauf.

Am 10. Februar 1912 wurde ich zu Hockenheim als Sohn des Landwirts Johann Riedel und seiner Ehefrau Katharina, geb. Frank, geboren. Die Volksschule besuchte ich zu Hockenheim und Heidelberg. 1923 trat ich in die Sexta des humanistischen Gymnasiums zu Heidelberg ein. Nach bestandener Reifeprüfung begann ich im Frühjahr 1933 an der Universität zu München das medizinische Studium. Im zweiten Semester kehrte ich wieder nach Heidelberg zurück, bestand hier die medizinischen Vorprüfungen — im Frühjahr 1934 das Vorphysikum und im Frühjahr 1936, nachdem ich ein halbes Jahr zum Arbeitsdienst beurlaubt war, das Physikum. Die zwei ersten klinischen Semester studierte ich in Würzburg und beendete dann das Studium in Heidelberg. Das medizinische Staatsexamen bestand ich am 22. Februar 1939.